

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-54224

(43) 公開日 平成8年(1996)2月27日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 B 15/00

G 0 6 T 7/00

5/20

識別記号

片内整理番号

B

F I

技術表示箇所

G 0 6 F 15/ 62

4 0 5 A

15/ 68

4 0 0 A

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平7-173646

(62) 分割の表示

特願昭63-170069の分割

(22) 出願日

昭和63年(1988)7月8日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 酒匂 裕

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 依田 晴夫

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 大内 洋三

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 磯村 雅俊

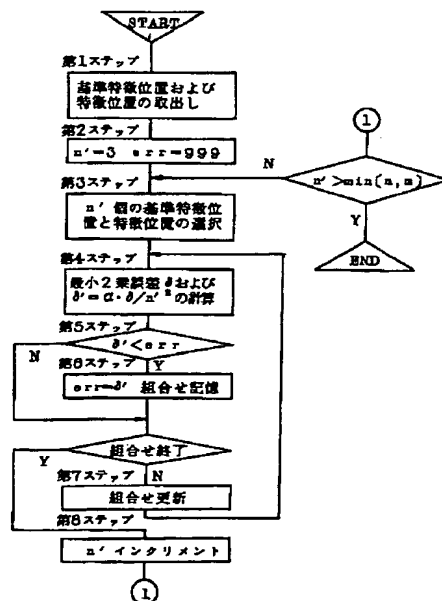
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 線幅計測方法

(57) 【要約】

【目的】 複雑なエッジ部の波形を有する回路パターンの始点と終点を自動的に検出し、それにより正確に線幅を計測する。

【構成】 電子ビームで試料上をスキャンして第1のパターンの信号を検出し、第1のパターンの信号をメモリに記憶し、第1のパターンとは異なる第2のパターンの信号を検出し、第1のパターンと第2のパターンの各信号を照合するために、ガウスフィルタの標準偏差値を変えてそれぞれの近似波形を得、各近似波形の変曲点の座標を求め、第1と第2のパターンの各近似波形毎に対応する変曲点の対を照合により検出して、両パターンの対応点を求め、第1のパターンで設定された計測すべき線幅の始点と終点に対応する被測定パターンである第2のパターンの始点と終点を検出し、その差を以て線幅とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】電子ビームで試料上をスキャンして第1の  
パターンの信号を検出する第1のステップと、  
検出された上記第1のパターンの信号をメモリに記憶す  
る第2のステップと、

上記第1のパターンとは異なる第2のパターンの信号を  
検出する第3のステップと、

上記第1のパターンと第2のパターンの各信号を照合す  
るために、ガウスフィルタの標準偏差値を変えてそれぞ  
れの近似波形を得る第4のステップと、  
各近似波形の変曲点の座標を求める第5のステップと、  
上記第1と第2のパターンの各近似波形毎に対応する変  
曲点の対を照合により検出して、両パターンの対応点を  
求め、上記第1のパターンで設定された計測すべき線幅  
の始点と終点に対応する被測定パターンである第2のパ  
ターンの始点と終点を検出し、その差を以って線幅とす  
る第6のステップとを有することを特徴とする線幅計測  
方法。

【請求項2】用意された基準パターンを電子ビームで走  
査して得た1次元波形と被計測パターンを電子ビームで  
走査して得た1次元信号波形とを照合して、上記被計測  
1次元信号波形の2つの特定位置を検出し、該特定位置  
の差から線幅を計測する方法において、

上記基準1次元波形の各位置で、あるフィルタサイズの  
フィルタリングを行って近似波形を得る第1のステップ  
と、

該近似波形における変曲点のX座標を基準特徴座標とし  
て求める第2のステップと、

上記被計測1次元信号波形の各位置で、あるフィルタサ  
イズのフィルタリングを行って近似波形を得る第3のステ  
ップと、

該近似波形における変曲点のx座標を特徴座標として求  
める第4のステップと、

上記基準1次元波形と被計測1次元信号波形の各近似波  
形との間で生じた倍率の違いやひずみの影響を除くため  
に、Xの多項式で表現された座標変換式の所定の係数を  
仮定し、各係数を含んだ座標変換式の誤差が最小になる  
係数を特定する第5のステップと、

該係数を含めて、各近似波形における基準特徴座標と特  
徴座標の対応する組を求める第6のステップと該近似波  
形における対応組から両信号波形の対応組を求め、上記  
基準1次元波形で設定された計測すべき線幅の始点と終  
点に対応する被計測1次元波形の始点と終点を検出する  
第7のステップと被計測1次元波形の終点と始点の差を  
以って被計測パターンの線幅とする第8のステップとを  
有することを特徴とする線幅計測方法。

【請求項3】前記第6のステップにおける特徴座標の対  
応する組を求める場合、各部分波形の対応組毎にフィル  
タサイズを小さくし、両波形の部分領域に関して再度、  
照合を行い、より詳細な波形照合を行うことを特徴とす

る請求項2に記載の線幅計測方法。

【請求項4】前記変曲点の座標を求めるステップでは、  
近似波形の微分値が零になるX座標、あるいは2階微分  
ないしそれ以上の微分が零になるX座標を使用すること  
を特徴とする請求項1または2に記載の線幅計測方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、線幅計測方法に関し、  
特に、半導体製造工程における自動パターンの線幅計測  
10 に有効な線幅計測方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体製造工程では、通常、製品の信頼  
性や歩留まりを向上させるために、フォトリソグラフやエ  
ッチング後の形成膜のパターン線幅の計測を実施し、品  
質のチェックを行っている。最近では、半導体パターン  
が微細化して来ており、この計測の目的に、従来使用さ  
れて来た光学式顕微鏡では分解能不足となり、高分解能  
である電子顕微鏡が利用されるようになって来た。また、  
この電子顕微鏡を用いた線幅計測の自動装置の開発が盛ん  
に行われている。これらの装置の寸法計測方法の代表的な  
ものとしては、観察パターンから得られる一次元波形の山  
のピークをパターンエッジとするピーク検出法〔高精度線  
幅測定装置〕、Semiconductor World 1984、12、pp87-93  
や、一次元波形のスロープラインとベースラインを直接近  
似してその交点をエッジとする直線近似法〔超L S I 微小  
寸法測定システムMEA-3000〕、Semiconductor World 1985.1、  
pp120-128等がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上述の従来方法は、測  
長に際して、測長専用パターンを使用することを前提と  
している。すなわち、ピーク検出法では、パターンの片  
方のエッジに対応する一次元波形に対して一つの山が存在  
すること、また、直線近似法では、パターンの片方のエ  
ッジに対応する一次元波形に対して一つのスロープライン  
と一つのベースラインで近似できることを仮定している。  
しかし、このような仮定は単純な形状をした測長パター  
ンに対してのみ言えることである。一方、最近では、不良  
解析を目的とした、複雑な形状をした実際の回路パター  
ンの測長を行う要望が強くなっている。この場合、複数の  
回路パターンが重複して存在しているために、エッジ付近  
の一次元波形も複数の奥や谷を有するやや複雑な波形に  
なることが多い。そのため、例えば、ピーク検出法では、  
どの山が計測したいパターンエッジに対応するかが分から  
ないし、直線近似法ではベースラインを見つけるのが困難  
であるという場合が多かった。本発明の目的は、従来の技  
術における上述の如き問題を解消し、複雑なエッジ部の  
波形を有する回路パターンの線幅の測長を可能とする線  
幅計測方法を提供することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の線幅計測方法は、電子ビームで試料上をスキャンして第1の 패턴の信号を検出する第1のステップと、検出された上記第1の 패턴の信号をメモリに記憶する第2のステップと、上記第1の 패턴とは異なる第2の 패턴の信号を検出する第3のステップと、上記第1の 패턴と第2の 패턴の各信号を照合するために、ガウスフィルタの標準偏差値を変えてそれぞれの近似波形を得る第4のステップと、各近似波形の変曲点の座標を求める第5のステップと、上記第1と第2の 패턴の各近似波形毎に対応する変曲点の対を照合により検出して、両 패턴の対応点を求め、上記第1の 패턴で設定された計測すべき線幅の始点と終点に対応する被測定 패턴である第2の 패턴の始点と終点を検出し、その差を以て線幅とする第6のステップとを有することを特徴としている。

【0005】

【作用】本発明に係る線幅計測方法においては、複雑な1次元波形の大局照合と詳細照合を動的に行うようにしたので、波形の絶対的な値や固定的な大小関係でエッジ位置を求める従来の方式に比べて、種々の形状の波形に対応するエッジ検出が可能になる。また、ノイズが存在する1次元波形に対しても、フィルタサイズの下限値の $\Sigma_0$ 、 $\sigma_0$ を適切に設定することで、それ以下の山谷を検出することがないので、安定な位置の検出が可能になるという効果がある。更に、特徴位置間の対応が多項式近似で補間することにより、1次元波形が変数方向に変形を受けた場合、例えば、電子顕微鏡の倍率の変化や被計測 패턴のエッジ断面形状の変化がある場合等でも、位置の検出が可能であるという効果もある。さらに、照合の際に各近似波形で変曲点を求めているが、この変曲点はノイズの滞在時間が極めて小さいため、ノイズによる影響が殆んどないという利点もある。

【0006】

$$G(X; \Sigma) = (1/\sqrt{2\pi\Sigma}) \int_{-\infty}^{\infty} F(X') \cdot \exp(-(X-X')^2/2\Sigma^2) dX'$$

第3ステップでは、 $d^2G/dX^2 = 0$ を満足する位置座標を求める。この座標は、原波形の山と谷の変化点、すなわち、変曲点位置を表すもので、ここでは、基準特徴位置と呼ぶことにする。必要な標準偏差分( $\Sigma_0 \leq \Sigma \leq \Sigma_n$ )だけ、第2、第3ステップを繰り返して、各標準偏差毎の基準特徴位置( $X_{\Sigma_0}, \dots, X_{\Sigma_1}, \dots, X_{\Sigma_n}$ )を求める。

【0008】当然、各標準偏差で基準特徴位置の個数nは異なる。図4(a)A上に画いた細線の波形が、 $\Sigma$ を変化させた場合のもので、・が特徴位置を表している。なお、図には、参考のため、山谷位置も・で表している。図から、標準偏差の大小で波形の大局/詳細を記述できることがわかる。なお、この種の計測に用いられる低加速の電子顕微鏡から得られる信号はかなりS/Nが悪いが、適当な標準偏差 $\Sigma$ のガウスフィルタを作用させ

\*【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。図2に、本発明に係る波形照合方法を採用した計測装置の全体の構成を示す。図中、1は電子顕微鏡(SEM)9からの被計測 패턴や基準 패턴のアナログ画像信号1sを適当なタイミングでサンプリングして、デジタル画像信号1dに変換するA/D変換器、2は電子ビームの走査同期信号2sを利用して、画像メモリ3のアドレス2aを発生させるためのアドレス発生回路、4は基準 패턴に関するデータを記憶するためのメモリ、5は被計測 패턴に関するデータを記憶するためのメモリ、6は本発明に係る計算手順を記憶するためのメモリ、7はデータを処理するための計算機(CPU)、8は計測結果を数値データ等で表示するための表示装置、7aはアドレスバス、7dはデータバスを示している。まず、本実施例の計測手順の概要を説明する。予め用意した基準 패턴を電子顕微鏡で走査して、そのアナログ画像信号をデジタル化し、画像メモリ3に記憶する。次に、メモリ6の計算手順に従って、その画像を計算機7で処理して、基準 패턴のエッジ位置や必要データを基準 패턴データメモリ4に格納する。計測時にも、ほぼ同様の処理手順で、被計測 패턴の必要データを被計測 패턴データメモリ5に格納する。次に、これらのデータを用いて 패턴間の照合を行い、基準 패턴のエッジ位置に対応する被検定 패턴のエッジ位置を検出し、表示装置8にその結果を表示する。

【0007】基準 패턴の処理手順を図1(a)に示す。第1ステップでは、画像メモリ3から基準 패턴の予め定められている位置の1次元波形、ラインプロファイル： $F(X)(X_0 \leq X \leq X_n)$ を取出す。図3(a)のAがこの波形の例を示したものである。第2ステップでは、次式で示す標準偏差 $\Sigma$ のガウスフィルタを作用させた近似波形： $G(X; \Sigma)$ を求める。

【数1】

ば、ノイズが除去された波形を得ることが可能である。従って、考慮する標準偏差の最小値 $\Sigma_0$ をこの値にする。第4ステップでは、人間によって原波形上のエッジ位置(Xd)の入力を行う。第5ステップでは、これまでに採取した基準 패턴に関するデータすなわち、各標準偏差毎の基準特徴位置( $X_{\Sigma_0}, \dots, X_{\Sigma_1}, \dots, X_{\Sigma_n}$ )およびその個数n、エッジ位置(Xd)をメモリ4に格納する。

【0009】次に、被計測 패턴の入力時のデータ処理の手順について説明する。この場合も、基準 패턴の場合とほぼ同様の手順で処理が実行される。すなわち、被計測 패턴の電子顕微鏡からのアナログ画像信号はデジタル化され、画像メモリ3に記憶される。そして、その画像データは計算機7で、メモリ6の計算手

順に従って処理される。その計算手順を、図1(b)に示す。第1ステップでは、画像メモリ3から、被計測パターンの1次元波形(ラインプロファイル) $f(x)$  ( $x_0 \leq x \leq x_n$ )を取出す。図4(b)のA'が、この入力波形の例を示すもので、通常、パターンの荷電状態や倍率の若干の違いで、たとえ、波形採取位置が基準パターンと同等位置であっても、変形が存在する。第2ステップでは、標準偏差 $\sigma$ のガウスフィルタを作用させた近似波形 $g(x; \sigma)$ を求める。第3ステップでは、 $d^3 g / dx^3 = 0$ を満足する位置座標を求める。ここでは、この座標を特徴位置と呼ぶことにする。そして、必要な標準偏差分( $\sigma_0 \leq \sigma \leq \sigma_n$ )だけ、第2、第3ステップを繰り返し、各標準偏差毎の特徴位置( $x_{\sigma_1}, \dots, x_{\sigma_1}, \dots, x_{\sigma_n}$ )を求める。当然、各標準偏差で特徴位置の個数 $m$ は異なる。図3(b)A'上に描いた細線の波形が、 $\sigma$ を変化させた場合のもので、 $\cdot$ が特徴位置を表わしている。図には、参考のため、山谷位置も $\cdot$ で表わしている。考慮する標準偏差の最小値 $\sigma_0$ は、この波形のノイズを除去する程度のものである。第5ステップでは、これまでに求めた被計測パターンに関するデータ、すなわち、各標準偏差 $\sigma$ 毎の特徴位置( $x_{\sigma_1}, \dots, x_{\sigma_1}, \dots, x_{\sigma_n}$ )およびその個数 $m$ をメモリ5に格納する。

【0010】次に、上述の如き手順で求めた基準パターンと被計測パターンのデータを照合する手順の概略を図\*

```

MATCH( $\Sigma_0, \Sigma_1, X_0, X_1, \sigma_0, \sigma_1, x_0, x_1$ )
/* $\Sigma_0, \Sigma_1, \sigma_0, \sigma_1$ : 基準および入力波形の最小最大標準偏差値*/
/* $X_0, X_1, x_0, x_1$ : 基準および入力波形の最小最大変曲点探索座標*/
{ /*ストップ条件—ステップ1—*/
  if( $\Sigma_0$  = 下限標準偏差値) {goto end;}
  if( $\sigma_0$  = 下限標準偏差値) {goto end;}
  if( $\Sigma_0, \Sigma_1$  間,  $X_0, X_1$  間に特徴位置なし) {goto end;}
  if( $\sigma_0, \sigma_1$  間,  $x_0, x_1$  間に特徴位置なし) {goto end;}
} /*照合—ステップ2—*/
for( $\sigma = \sigma_0, err0 = 9999; \sigma \leq \sigma_1; \sigma++$ )
  {for( $\Sigma = \Sigma_0; \Sigma \leq \Sigma_1; \Sigma++$ )
    { /*標準偏差幅 $\sigma, \Sigma$ の場合における、基準および入力波形の $X_0, X_1$ 間,
       $x_0, x_1$ 間の一致特徴位置 $X[i], x[i]$ と、そのときの誤差 $err$ を求める。*/
      lesq( $\sigma, \Sigma, X_0, X_1, x_0, x_1, X[i], x[i], err$ );
      /*最小誤差の各データ( $1 \leq i \leq N$ )を記憶*/
      if( $err < err0$ ) ( $\sigma' = \sigma; \Sigma' = \Sigma; X[i] \rightarrow X'[i], x[i] \rightarrow x'[i]; err0 = err$ );
    }
    if( $err0 \geq const$ ) { /*誤差が大きい*/ goto end; } /*リカーシブ照合—ステップ3—*/
    for( $i = 1; i \leq N-1; i++$ )
      (MATCH( $\Sigma_0, \Sigma', X'[i], X'[i+1], \sigma_0, \sigma', x'[i], x'[i+1]$ ));
  }
end;}

```

【0012】このプログラムのステップ1は、照合の停止条件判定である。リカーシブに本プログラムがコールされ、標準偏差値の下限値となった場合に、本プログラムの実行を終える。ステップ2では、標準偏差値の範囲内の各組合せ毎に、サブルーチンlesqにて、先に求めて

\*4(a)(b)を用いて説明する。先に説明した如く、ガウスフィルタの標準偏差値が大きいときには、波形の大局的な形状を表わし(図の上方)、小さいときには、採取波形に近い詳細な形状を表わしている(図の下方)。そこで、大きい標準偏差値の場合から、基準波形の基準特徴位置と入力波形の特徴位置との照合を行っていく。具体的な一致特徴位置の検出の方法については、後述する。図4(a)(b)の二重丸が、第1回目の一致特徴位置である。次に、この一致特徴位置間を、再度詳しく照合する。すなわち、波形始点 $\sim a$ と波形始点 $a'$ 、 $a \sim b$ と $a' \sim b'$ 、 $b \sim c$ と $b' \sim c'$ 、 $c \sim$ 波形終点と $c' \sim$ 波形終点の一致特徴位置間部分毎に、標準偏差値を小さくさせながら、照合していく。なお、標準偏差値を変化させたときの各部分波形の始点、終点は、第1回目の一致特徴位置( $a, b, c/a', b', c'$ )に対応する特徴位置の座標であるので、図4(a)(b)内の矢印のように、若干の変動をする。この第2回目の照合結果を、●で示した。このような照合を、標準偏差値の下限値 $\Sigma_0, \sigma_0$ まで、リカーシブに繰り返すことにより、大局的照合から詳細照合を統一的に実行できる。

【0011】この照合手順を、プログラムにしたものを次に示す。なお、使用言語はC言語であり、本発明の本質に関係のない変数の宣言やデータ転送記述は省略または簡単化してあり、必ずしも文法に忠実ではない。

あった基準特徴位置と特徴位置のデータをメモリ4やメモリ5から取出しながら、照合を行い、一致基準特徴位置 $X[i]$ と特徴位置 $x[i]$ およびそのときの誤差 $err$ を出力する。次に、このようにして求めたデータのうち、最小の誤差を持つもののみ、その標準偏差値 $\Sigma', \sigma'$ と

一致特徴位置 $X'[i]$ 、 $x'[i]$ を記憶する。なお、このときの最小誤差自身がある一定値(const)より大きい場合は、両波形間の変形が大きすぎるので、求めたデータを無効とし、この段階の照合を終える。ステップ3では、前段階で求めた結果の一致特徴位置 $X'[i]$ 、 $X'[i]$ を用いて、両波形の部分領域に関して、再度、照合を行う。なお、このときの標準偏差値の上限値は、それぞれ、 $\Sigma'$ 、 $\sigma'$ とし、より詳細な波形照合を実行する。また、本プログラムの初期値は、 $\Sigma_0 = \Sigma$ 、 $\Sigma_1 = \Sigma$ 、 $X_0 = X$ 、 $X_1 = X$ 、 $\sigma_0 = \sigma$ 、 $\sigma_1 = \sigma$ 、 $x_0 = x$ 、 $x_1 = x$ とする。

【0013】次に、先のプログラム内のサブルーチンlesqに対応した、標準偏差 $\Sigma$ の基準パターンの $n$ 個の基準特徴位置( $X_{x_1}, \dots, X_{x_1}, \dots, X_{x_n}$ ) (ただし、 $X_0 \leq X_{x_1} < \dots < X_{x_1} < \dots < X_{x_n} \leq X_1$ )と、標準偏差 $\sigma$ の被計測パターンの $m$ 個の特徴位置( $x_{x_1}, \dots, x_{x_1}, \dots, x_{x_m}$ ) (ただし、 $x_0 \leq x_{x_1} < \dots < x_{x_1} < \dots < x_{x_m} \leq x_1$ )の照合方法を説明する。ここでは、基準パターンの $n$ 個の基準特徴位置( $X_{x_1}, \dots, X_{x_1}, \dots, X_{x_n}$ ) (図3(a))のうちの $n'$ 個にある座標変換を施し、それらが被計測パターンの $m$ 個の特徴位置( $x_{x_1}, \dots, x_{x_1}, \dots, x_{x_m}$ ) (図3(b))のうちの $n'$ 個 (ただし、 $3 \leq n' \leq \min[n, m]$ )に対応すると考える。座標変換式を入力変数 $\delta$ の1次式であると仮定すれば、次式のような2乗誤差 $\delta$ を最小とするときの多項式 $T(X)$ が最適な座標変換式ということになる。

【数2】

$$\delta = \Sigma (T(X_{x_i}) - x_{x_i})^2$$

$$\text{ただし、} T(X) = A_0 + A_1 X$$

$A_0$ 、 $A_1$ は定数である。なお、 $A_0$ はシフトによる変動を表わしており、 $A_1$ は倍率やひずみによる変動を表わしている。そして、基準パターンの基準特徴位置と被計測パターンの特徴位置から $n'$ 個取る組合せ毎に、この最小2乗法を適用してそのときの $\delta$ を求め、 $\alpha \cdot \delta / (n')^2$ が最小の組合せを求める( $\alpha$ :定数)。ただし、 $n'$ 自身も、3から $\min[n, m]$ まで変化させる。単に、 $\delta$ の最小を求めるのではなく、重み係数 $\alpha / (n')^2$ を付けたのは、 $n'$ が小さければ誤差 $\delta$ が小さくなるという傾向が必然的に存在するので、誤差評価を適正に行うためである。従って、この目的が実現されるものであるならば、上記係数は他のものでも良い。

【0014】図2に、以上説明した手順を示す。第1ステップでは、標準偏差値が $\Sigma$ における $X_0$ より大きく、 $X_1$ より小さい特徴位置を取出す。第2ステップでは、初期組合せ要素変数 $n'$ に3を、変数errに考え得る誤差以上の大きな値を代入しておき、第3ステップで基準パターンの $n$ 個の基準特徴位置( $X_{x_1}, \dots, X_{x_1}, \dots, X_{x_n}$ )から $n'$ 個、被計測パターンの $m$ 個の特徴位置( $x_{x_1}, \dots, x_{x_1}, \dots, x_{x_m}$ )から $n'$ 個を選ぶ。第4ステップでこの組合せでの最小2乗誤差 $\delta$ および $\delta' = \alpha \cdot \delta$

$/(n')^2$ を計算し、第5ステップから第6ステップで、 $\delta' < \text{err}$ となる場合のみ $\text{err} = \delta'$ とした後、そのときの組合せを出力引数 $X[i]$ 、 $x[i]$ として記憶するようにする。第7ステップで $n'$ 取る組合せがすべて終了したかをチェックし、もし、終了していない場合は第4ステップに戻り、同様に過程を繰り返す。終了した場合は、第8ステップで $n'$ を1増加させ、 $n' = \min[n, m]$ になるまで上述と同様の動作を繰り返す。

【0015】図5に、この方法で求めた最終的な特徴位置間の対応を示す。この対応関係が分かれば、基準波形におけるエッジ位置( $X_d$ )に対応する入力波形のエッジ位置( $x_d$ )は、適当な補間または、そこを含む部分波形における座標変換式 $T(X)$ を用いて、容易に計算できる。そして、その結果を表示装置8に表示する。上記実施例においては、1次元波形についての照合例を示したが、本発明はこれに限られるものではなく、容易に2次元画像の照合に適用することができる。以下、これを示す。

【0016】図6(a)(b)は、2値の基準線画像 $P(X, Y)$ と入力線画像 $p(x, y)$ の照合の例を示している。なお、ここで、線画像とは、幅1画素の線で描かれたものを指す。このような線画像は、ある線上の起点からの線上座標 $L$ を媒介変数とした関数、 $X = S(L)$ と $Y = T(L)$ で表現できる。そこで、各標準偏差値( $\Sigma_0 \leq \Sigma \leq \Sigma_1$ )のガウスフィルタを関数 $S(L)$ と $T(L)$ に作用させた後の関数、 $S'(L; \Sigma)$ と $T'(L; \Sigma)$ を求めれば、そのときの関数、 $S'(L; \Sigma)$ と $T'(L; \Sigma)$ で表現される線画像の形状は、標準偏差値の大小によって、大局または詳細なものとなる。従って、各標準偏差値における関数 $S'(L; \Sigma)$ と $T'(L; \Sigma)$ を用いて計算できる曲率 $\Theta = 0$ 、または、 $d\Theta/dL = 0$ を満足する $L$ 座標 $L_{x_1}, \dots, L_{x_1}, \dots, L_{x_n}$ を基準特徴座標、同様に求めた入力線画像の $l_{x_1}, \dots, l_{x_1}, \dots, l_{x_m}$  ( $l$ :線上座標)を特徴座標とすれば、先の1次元波形の照合方法に帰着できる。当然、1回目の照合結果を用いて線画像を部分線画像に分解して、再度、同一過程の照合をこの部分線画像に関して行うことになる。なお、線画像が閉ループである場合には、基準特徴座標と特徴座標の対応をとるときに起点を越えた対応を許す必要がある。そのときには、越えた座標には線画の周長を加えるようにする。こうすれば、線画像の大局形状と詳細形状の照合を、各線上で行うことができ、変形形状を有する線画像の照合が可能となる。

【0017】図7に、この方法で求めた最終的な特徴位置間の対応を示す。上記各実施例においては、フィルタとして、ガウス型フィルタを用いたが、大局または詳細波形を記述できるフィルタであれば、他の単純加算平均型フィルタを用いても良い。

【0018】以上述べた如く、本発明によれば、基準1次元波形 $F(X)$ と入力1次元信号波形 $f(x)$ とを照合し

て、前記入力1次元信号波形 $f(x)$ の特定位置を検出する方法において、前記基準1次元波形 $F(X)$ の各位置で、あるフィルタサイズ $\Sigma$ のフィルタリングを行って近似波形 $G(X)$ を得る第1のステップと、該近似波形 $G(X)$ における

【数3】

$$d^*G/dX^* = 0 (s : \text{一定値})$$

を満足する $X$ 座標 $(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n)$ 基準特徴座標として求める第2のステップと、前記入力1次元信号波形 $f(x)$ の各位置で、あるフィルタサイズ $\sigma$ のフィルタリングを行って近似波形 $g(x)$ を得る第3のステップと、該近似波形 $g(x)$ における

【数4】

$$d^*g/dx^* = 0 (s : \text{一定値})$$

を満足する $x$ 座標 $(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$ を特徴座標として求める第4のステップと、前記基準特徴座標または特徴座標が無い場合には、照合結果を対応位置無しとする第5のステップと、 $T(X)$ を $X$ の多項式で表現された座標変換式とし、前記基準特徴座標 $(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n)$ の幾つかと、前記特徴座標 $(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$ の幾つかとの組合せ $(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n)$ と $(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$ のうち、2乗誤差

【数5】

$$\delta = \Sigma (T(X_i) - x_i)^2$$

を最小にする組合せを求め、このときの誤差 $\delta$ がある値以下の場合には、その対応位置を照合結果とし、誤差 $\delta$ が前記ある値を越える場合は、照合結果を対応位置無しとする第6のステップを有するようにしている。

\*

\*【0011】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、複雑なエッジ部の波形を有する回路パターン線の幅を計測する場合でも、用意された回路パターン線の設定された始点と終点に対応して、被測定回路パターン線の始点と終点を自動的に検出できるので、それらの差を以て線幅を正確に計測することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す(a)は基準パターン、(b)は被計測パターンの処理手順を示すフローチャートである。

【図2】、同じく、基準パターンと被計測パターンの対応の取り方の手順を示すフローチャートである。

【図3】本発明の一実施例を示す計測装置の構成図である。

【図4】本発明における基準パターン、被計測パターンの波形およびその近似波形を示す図である。

【図5】最終的な特徴位置間の対応を示す図である。

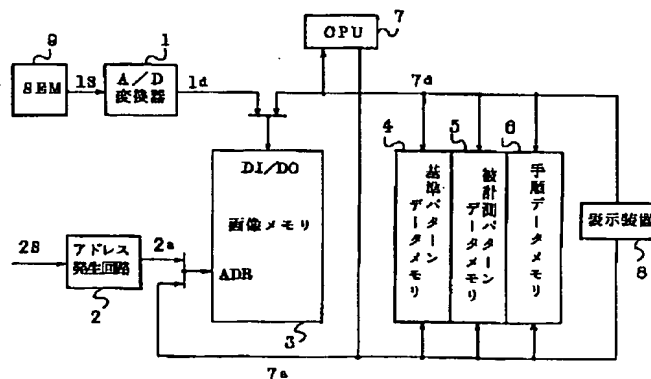
【図6】2個の基準線画像 $P(X, Y)$ と入力線画像 $p(x, y)$ の照合の例を示す図である。

【図7】図6における特徴位置間の対応を示す図である。

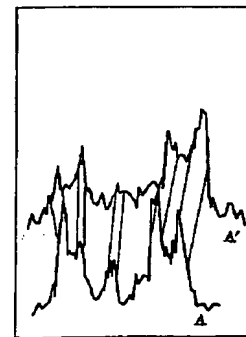
【符号の説明】

1…A/D変換器、2…アドレス発生回路、3…画像メモリ、4…基準パターンデータメモリ、5…被計測パターンデータメモリ、6…計算手順データメモリ、7…CPU、8…表示装置、9…電子顕微鏡。

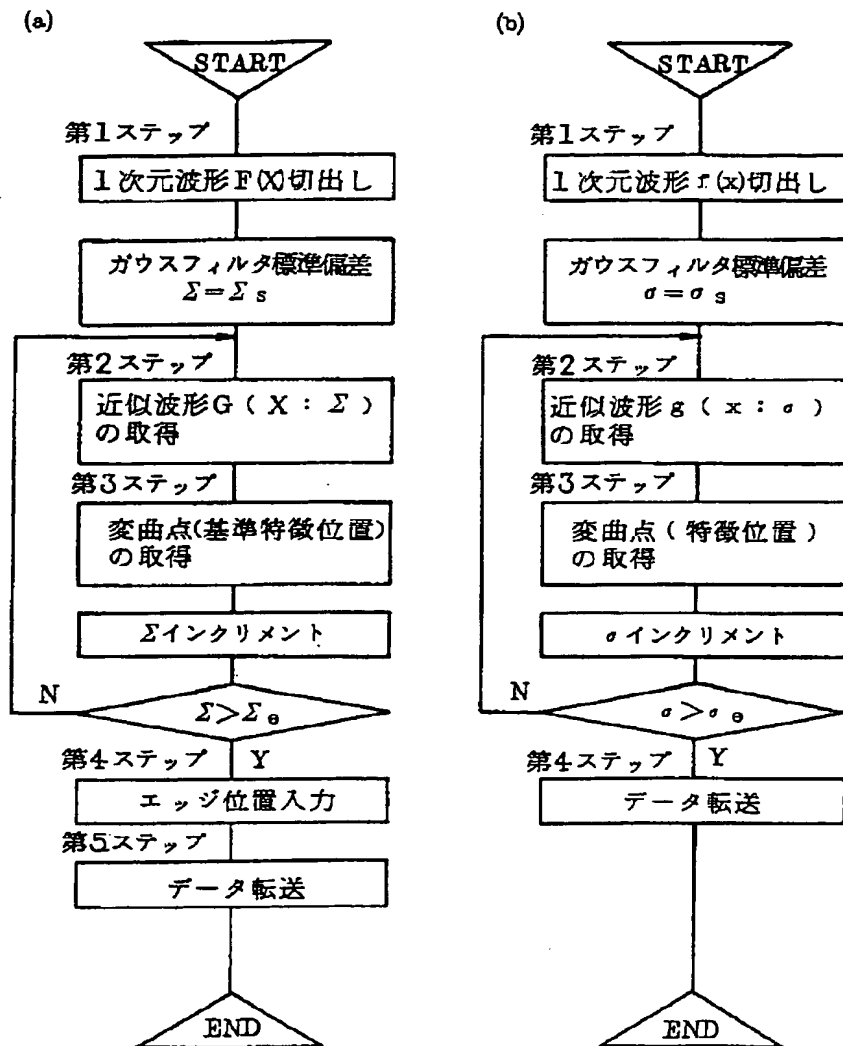
【図3】



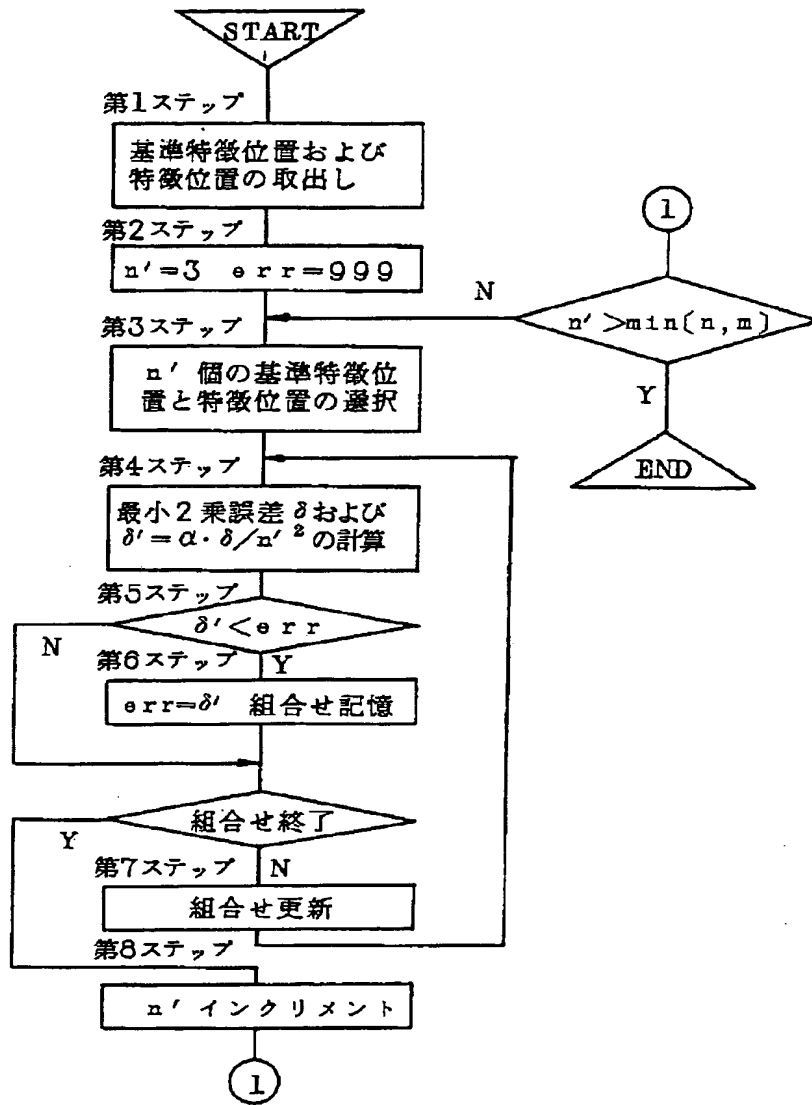
【図5】



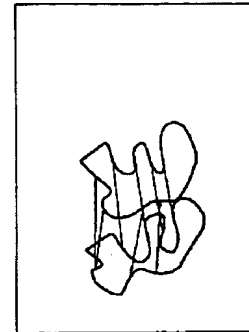
【図1】



【図2】

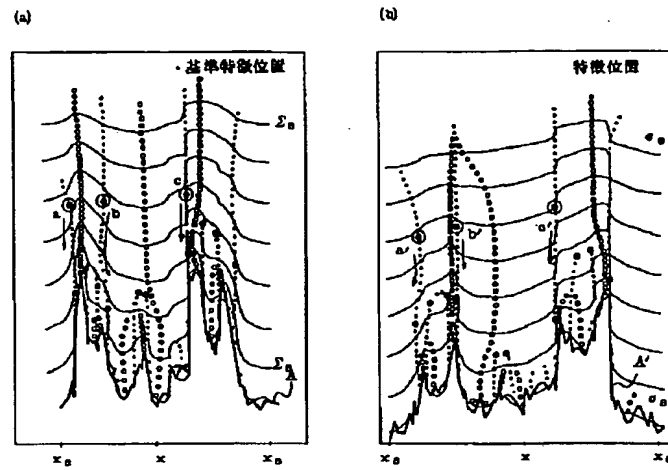


【図7】

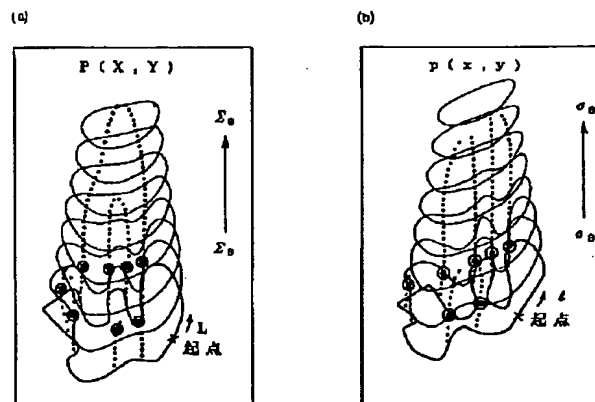




【図4】



【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>  
G 0 6 T 7/60

識別記号 弁内整理番号  
9061-5H

F I  
G 0 6 F 15/70

技術表示箇所  
3 5 0 J

(72)発明者 井内 秀則  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内